

**ANALISIS PROTEKSI RELE JARAK PADA SALURAN UDARA
TEGANGAN TINGGI 150 kV DI GARDU INDUK PEDAN - WONOSARI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DODI NUR ROSID

D 400 150 133

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

JUDUL NASKAH PUBLIKASI ILMIAH MAHASISWA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DODI NUR ROSID

D 400 150 133

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Jatmiko, M.T.

NIK. 622

12/11-19

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL NASKAH PUBLIKASI ILMIAH MAHASISWA

OLEH

DODI NUR ROSID

D 400 150 133

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 19 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Jatmiko, MT
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Aris Budiman, ST. MT
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Umar, ST. MT
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Supriyono, S.T., PhD.

NIR. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Januari 2019

Penulis



DODI NUR ROSID

D 400 150 133

ANALISIS PROTEKSI RELE JARAK PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 kV DI GARDU INDUK PEDAN - WONOSARI

Abstrak

Salah satu bagian penting dari sebuah proses penyaluran tenaga listrik adalah sistem transmisi. Secara umum sistem transmisi didesain untuk menyalurkan listrik dari pembangkit ke gardu induk. Dalam proses ini banyak kemungkinan gangguan yang dapat terjadi. Diperlukan perhatian khusus supaya distribusi tenaga listrik tidak mengalami gangguan. Supaya sistem transmisi terlindungi, salah satu pengamanan yang digunakan adalah rele jarak. Perlindungan rele jarak terbagi menjadi tiga zona. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaturan rele jarak yang sesuai pada Gardu Induk Pedan - Wonosari. Dalam melakukan penelitian penulis menggunakan metode yakni dengan mencari data transformator, parameter penghantar dan jarak antar Gardu Induk, setelah data terpenuhi dilakukan analisis dan perhitungan nilai *setting* rele yang baru. Hasil perhitungan impedansi jangkauan pada zona satu $(0.85197 + j 3.39772) \Omega$ dengan jangkauan perlindungan 8.56 km, zona dua $(1.057890 + j 4.52092) \Omega$ dengan jangkauan perlindungan 11.29 km, zona tiga $(1.66405 + j 7.20258) \Omega$ dengan jangkauan perlindungan 17.97 km.

Kata Kunci: saluran transmisi, rele jarak, impedansi, jangkauan perlindungan.

Abstract

One important part of a process for distributing electricity is the transmission system. In general, the transmission system is designed to deliver electricity from the plant to the substation, in this process there are many possible disturbances that can occur, special attention is needed so that the distribution of electricity is not disturbed. In order to protect the transmission system, one of the safeguards study aims to determine the appropriate distance relay settings at Pedan substation – Wonosari. In conducting the research the author uses a method that is by looking for transformer data, conductor parameters and distance between substation, after data are fulfilled an analysis and calculation of the new value relay settings are fulfilled. Calculation of range impedance in zone one $(0.85197 + j 3.39772) \Omega$ with a protection range of 8.56 km, zone two $(1.057890 + j 4.52092) \Omega$ with a protection range of 11.29 km, zone three $(1.66405 + j 7.20258) \Omega$ with a protection range of 17.97 km.

Keywords: transmission line, distance relay, impedance, protection range

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi terutama energi listrik selalu mengalami peningkatan, karena seluruh peralatan elektronik yang ada disekitar membutuhkannya. Diperlukan perhatian khusus supaya distribusi tenaga listrik tidak mengalami gangguan dan seluruh kegiatan dapat berlangsung dengan baik.

Salah satu bagian penting dari sebuah proses penyaluran tenaga listrik adalah sistem transmisi. Secara umum sistem transmisi didesain untuk menyalurkan listrik dari pembangkit ke gardu induk, dalam proses ini banyak kemungkinan gangguan yang dapat terjadi, maka dari itu dibutuhkan sistem pengamanan yang dapat menjaga kehandalan penyaluran energi listrik (Lestari, 2010). Gangguan yang terjadi bisa disebabkan dari berbagai sebab antara lain pohon tumbang, kawat putus, isolator pecah.

Rele proteksi merupakan komponen penting untuk menangani gangguan yang terjadi saat proses penyaluran energi listrik (Rambabu, 2015). Rele proteksi akan membandingkan kondisi sistem saat kondisi normal dengan pada saat terjadi gangguan. Supaya sistem transmisi terlindungi, salah satu pengamanan yang digunakan adalah rele jarak. Rele ini membaca impedansi saluran dengan membandingkan arus dan tegangan pada tempat rele berada dengan menggunakan rasio PT dan CT (Penthong, 2013). Informasi tentang kesalahan saluran transmisi yang khas akan membantu dalam koordinasi relay (Xia, 2014). Dari data gangguan transmisi akan diperoleh pengaturan relay yang optimal (Damchi, 2016). Impedansi gangguan dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (1)$$

Ketentuan dari rumus :

Z_f = Impedansi gangguan (Ω)

V_f = Tegangan gangguan (V)

I_f = Arus gangguan (A)

Daerah pengamanan dari rele jarak terbagi menjadi 3 daerah yaitu zona 1, zona 2, zona 3. Pembagian daerah ini supaya diperoleh kemampuan pengamanan yang memiliki kehandalan yang baik (Ojaghi, 2014). Supaya jaringan transmisi Pedan – Wonosari terlindungi dengan baik diperlukan nilai setting rele jarak yang sesuai.

2. METODE

Proteksi dipasang pada sistem transmisi bertujuan untuk memastikan penyaluran energi listrik sudah terlindungi dengan baik dari gangguan. Rele jarak merupakan salah satu peralatan proteksi yang dapat melindungi sistem dari berbagai gangguan yang sering terjadi. Pada penelitian ini penulis

menganalisa sistem proteksi rele jarak dengan melakukan beberapa pengujian perhitungan pada saluran transmisi ketika terjadi gangguan.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 24 – 31 Oktober 2018, adapun metode yang penulis gunakan untuk menyelesaikan laporan ini antara lain :

a. Studi literatur

Penulis mencari rujukan jurnal ilmiah dari internet maupun buku yang berada di perpustakaan yang dapat menunjang didalam penelitian ini

b. Pengumpulan data

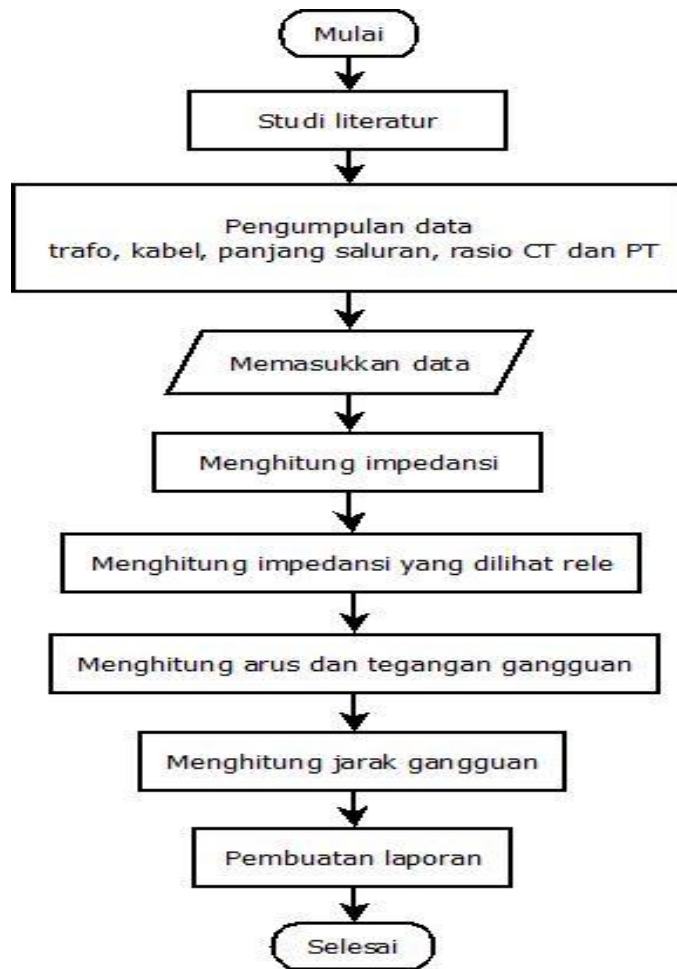
Penulis mendapatkan data yang dibutuhkan dengan bertanya langsung ke pihak Gardu Induk Pedan, Gardu Induk Wonosari, dan Basecamp Surakarta. Adapun data tersebut antara lain data rele jarak, jenis kabel penghantar, jarak antar gardu, rasio CT dan PT.

c. Analisa data

Analisa data dapat dilakukan apabila semua data yang dibutuhkan telah terpenuhi. Analisa dilakukan dengan menghitung impedansi saluran transmisi, *setting relay* jarak, dan uji perhitungan ketika terjadi gangguan pada saluran transmisi.

d. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis data diperoleh kesimpulan yang merupakan tahap terakhir, dari sini didapatkan hasil *setting relay* jarak yang dibutuhkan pada sistem transmisi



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.1 Penentuan zona perlindungan rele jarak

a. Perlindungan zona 1

Range proteksi dari zona 1 diatur untuk mengamankan 80% dari panjang saluran transmisi antara titik A sampai B, sehingga didapatkan persamaan matematis sebagai berikut :

$$\text{Zona 1} = 0.8 \times ZL_1 \quad (2)$$

ZL_1 = impedansi yang diamankan zona 1 dari saluran transmisi (Ω)

kerja rele pada zona ini, tanpa waktu tunda, $t = 0 \text{ detik}$

b. Perlindungan zona 2

Daerah proteksi dari zona 2 melingkupi daerah diluar zona 1 dan melindungi daerah didepannya. Untuk zona 2 didapatkan persamaan matematis sebagai berikut :

$$\text{Zona 2} = 0.8 \times (ZL_1 + (0.8 \times ZL_2)) \quad (3)$$

ZL_1 = impedansi yang diamankan zona 1 dari saluran transmisi (Ω)

ZL_2 = impedansi yang diamankan zona 2 dari saluran transmisi (Ω)

kerja rele pada zona ini memiliki waktu , $t = 0.4 \text{ detik}$

c. Perlindungan zona 3

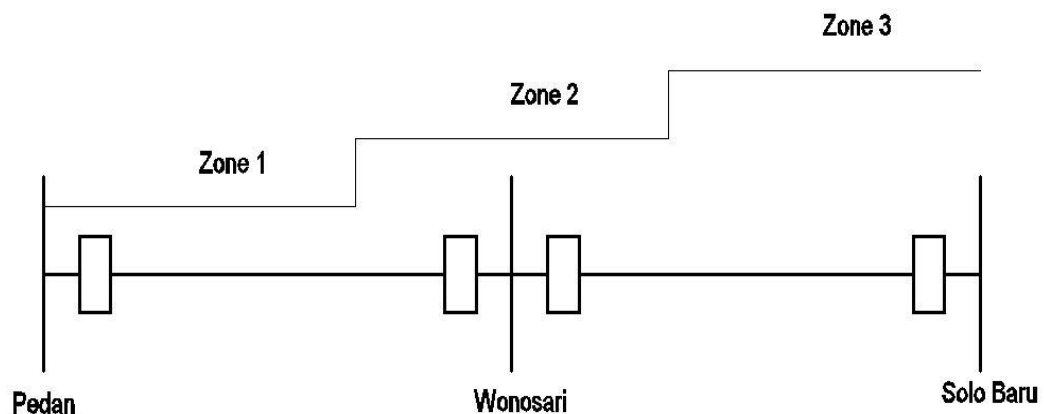
Daerah proteksi dari zona 3 didapatkan dengan mempertimbangkan perlindungan dari zona 2 yang masih menyisakan penghantar yang belum terlindungi, setidaknya sampai akhir seksi berikutnya. Untuk zona ini didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Zona 3} = 1.2 \times (Zl_1 + Zl_2) \quad (4)$$

Zl_1 = impedansi yang diamankan zona 1 dari saluran transmisi (Ω)

Zl_2 = impedansi yang diamankan zona 2 dari saluran transmisi (Ω)

kerja rele pada zona 3 memiliki waktu, $t = 1.2 \text{ detik}$



Gambar 2. Zona Pengamanan *Distance relay*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa yang telah dilakukan pada saluran transmisi GI Pedan – GI Wonosari diperoleh setting impedansi yang sesuai untuk masing-masing zona. Pada penelitian ini disertakan perhitungan impedansi jaringan, perhitungan apabila terjadi gangguan dan dilakukan pengujian untuk melihat jarak gangguan.

3.1 Data yang didapatkan

Data ini diperoleh dari Basecamp Surakarta dan tiga Gardu Induk yakni GI Pedan, GI Wonosari, GI Solo Baru, berupa data :

- Gambar *single line diagram* PLN GI Pedan – Wonosari
- Data rasio *Current Transformer* (CT) dan *Potential Transformer* (PT)

Perbandingan CT = 1600 : 1

Perbandingan PT = 150000 : 100

- Panjang saluran transmisi

GI Pedan – Wonosari = 10.7 km

GI Wonosari – Solo Baru = 4.278 km

- d. Data parameter kabel yang dipakai antar Gardu Induk

Tabel 1. Data parameter kabel penghantar GI Pedan - Wonosari

Item	Uraian	Satuan
Tipe konduktor	ACCC	-
Luas penampang	358.4	mm ²
Diameter	21.78	mm
Impedansi	0.09953+j 0.39693	Ω
Kapasaitas Arus	1285	A

Tabel 2. Data parameter kabel penghantar GI Wonosari – Solo Baru

Item	Uraian	Satuan
Tipe konduktor	TACSR	-
Luas penampang	410	mm ²
Diameter	28.5	mm
Impedansi	0.07521+j 0.41044	Ω
Kapasaitas Arus	1358	A

- e. Data saluran terkait impedansi urutan

Tabel 3. Data impedansi urutan

Urutan impedansi	
Urutan positif	0.547+j2.587
Urutan negatif	0.547+j2.587
Urutan nol	1.963+j7.813

3.2 Perhitungan Impedansi Saluran

Rumus untuk mencari nilai impedansi saluran transmisi yaitu:

$$ZL = \text{panjangsaluran} \times Z_{\text{saluran}} / \text{km} \quad (5)$$

Saluran transmisi GI Pedan – GI Wonosari memiliki nilai impedansi

$$ZL_1 = 10.7 \times (0.09953 + j0.39693)$$

$$ZL_1 = 1.064971 + j4.247151$$

Saluran transmisi GI Wonosari – GI Solo Baru memiliki nilai impedansi

$$ZL_2 = 4.278 \times (0.07521 + j0.41044)$$

$$ZL_2 = 0.32174 + j1.755$$

Menggunakan rumus 2, 3, dan 4 didapatkan pengaturan impedansi rele jarak yang sesuai dengan zona perlindungan:

3.2.1 pengaturan Zona 1

$$Z_1 = 0.8 \times (1.064971 + j4.247151)$$

$$Z_1 = 0.85197 + j3.39772$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak

$$= 0.8 \times 10.7$$

$$= 8.56 \text{ km}$$

Sebagai pengaman utama saluran transmisi pengaturan kerja rele pada zona 1 ini, instan. $T_1 = 0$ detik

3.2.2 Pengaturan Zona 2

$$Z_2 = 0.8 \times (1.064971 + j4.247151 + (0.8 \times 0.32174 + j1.755))$$

$$Z_2 = 1.057890 + j4.52092$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak

$$= 0.8 \times (10.7 + (0.8 \times 4.278))$$

$$= 11.29792 \text{ km}$$

Sebagai pengaman cadangan zona 1, waktu kerja rele pada zona 2 ini, lebih lama dari zona 1. Yakni $T_2 = 0.4$ detik

3.2.3 Zona 3

$$Z_3 = 1.2 \times ((1.064971 + j4.247151) + (0.32174 + j1.755))$$

$$Z_3 = 1.66405 + j7.20258$$

Jangkauan dari rele memiliki jarak

$$= 1.2 \times (10.7 + 4.278)$$

$$= 17.9736 \text{ km}$$

Pada zona 3 ini memiliki waktu kerja paling lama daripada dua zona sebelumnya. Yakni $T_3 = 1.2$ detik

3.3 Pembacaan Impedansi oleh Rele

Rele jarak bisa membaca impedansi gangguan, akan tetapi setelah dirasiokan oleh PT dan CT. sehingga persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Z_{\text{rele}} = \frac{PT}{CT} \times Z_{\text{zona}} \quad (6)$$

$$\text{Rasio PT} = 150000 : 100$$

Rasio CT = 1600 : 1

$$n = \frac{PT}{CT}$$

$$n = \frac{100/150000}{1/1600}$$

$$n = 1.06$$

a) Pada zona 1

$$Z_1 \text{ sekunder} = 1.06 \times (0.85197 + j3.39772)$$

$$Z_1 \text{ sekunder} = 0.903088 + j3.6015832$$

b) Pada zona 2

$$Z_2 \text{ sekunder} = 1.06 \times (1.057890 + j4.52092)$$

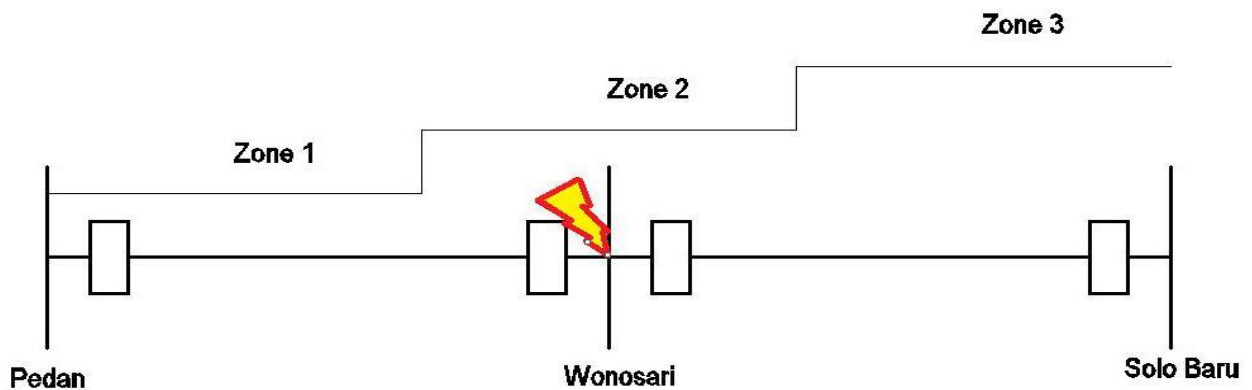
$$Z_2 \text{ sekunder} = 1.213634 + j4.792175$$

c) Pada zona 3

$$Z_3 \text{ sekunder} = 1.06 \times (1.66405 + j7.20258)$$

$$Z_3 \text{ sekunder} = 1.763893 + j7.637596$$

3.4 Pengujian sistem transmisi saat terjadi gangguan



Gambar 3. Gambaran saluran transmisi saat terjadi gangguan

Jika terjadi gangguan pada saluran transmisi pada saat itu rele bekerja dengan membaca dan mengatasi gangguan. Dengan menggunakan persamaan, nilai gangguan yang terjadi dapat diketahui:

a) Pengujian gangguan 1 fasa ke tanah

$$I = 3 \times \frac{VLn/\sqrt{3}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Zf} \quad (7)$$

b) Pengujian gangguan 2 fasa

$$I = \frac{VLn/\sqrt{3}}{Z_1 + Z_2 + Zf} \quad (8)$$

c) Pengujian gangguan 3 fasa

$$I = \frac{VLn/\sqrt{3}}{Z_1} \quad (9)$$

d) Pengujian tegangan gangguan

$$V = I \times Z_1 \quad (10)$$

Ketentuan persamaan diatas :

I adalah arus gangguan yang terjadi

Z_1 adalah *positive sequence impedance*

Z_2 adalah *negative sequence impedance*

Z_0 adalah *zero sequence impedance*

Z_f adalah impedansi gangguan yang terjadi

V adalah tegangan gangguan yang terjadi

Gambaran nilai gangguan sebesar 14Ω pada sistem transmisi, di ilustrasikan pada gambar 3. Dengan menggunakan rumus, dapat diketahui besaran gangguannya:

3.4.1 Pengujian gangguan satu fasa ke tanah :

a. Arus gangguan

$$I = 3 \times \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.547+j2.587)+(0.547+j2.587)+(1.963+j7.813)+(3 \times 14)}$$

$$I = 3 \times \frac{86602.54}{45.057+j12.987}$$

$$I = 5323.89318 - j 1534.53 A$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (5323.89318 - j1534.53) \times (0.547 + j 2.587)$$

$$V = 6881.99867 - j12933.52375 V$$

3.4.2 Pengujian gangguan dua fasa :

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.547+j2.587)+(0.547+j2.587)+(14)}$$

$$I = \frac{86602.54}{15.094+j5.174}$$

$$I = 5134.2627 - j1759.9493 A$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (5134.2627 - j1759.9493) \times (0.547 + j2.587)$$

$$V = 7361.43053 - j12319.64534 V$$

3.4.3 Pengujian gangguan tiga fasa :

a. Arus gangguan

$$I = \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.547+j2.587)}$$

$$I = \frac{86602.54}{0.547+j2.587}$$

$$I = 6775.328018 - j32043.46 A$$

b. Tegangan gangguan

$$V = (6775.328018 - j32043.46) \times (0.547 + j2.587)$$

$$V = 86602.53545 - j0.0009625 V$$

Pada hasil perhitungan diatas terjadi ketika nilai gangguan sebesar 14 Ω . Nilai arus dan tegangan gangguan berubah jika nilai gangguan yang terjadi berubah.

3.5 Mencari lokasi gangguan

Rele jarak mengamankan zona gangguan berdasarkan impedansi yang terbaca. Dengan nilai impedansi tersebut dapat diketahui jarak gangguan dari lokasi rele terpasang.

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{\text{impedansi yang terbaca rele} \times \frac{PT}{CT} \times L_1}{ZL_1} \quad (11)$$

Contoh perhitungan letak gangguan :

a. 0.3 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0.3 \times \frac{150000/100}{1600/1} \times 10.7}{1.064971 + j4.247151}$$

$$\text{Jarak gangguan} = 0.167 \text{ km}$$

b. 0.6 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0.6 \times \frac{150000/100}{1600/1} \times 10.7}{1.064971 + j4.247151}$$

$$\text{Jarak gangguan} = 0.334 \text{ km}$$

c. 0.9 Ω

$$\text{Jarak gangguan} = \frac{0.9 \times \frac{150000/100}{1600/1} \times 10.7}{1.064971 + j4.247151}$$

$$\text{Jarak gangguan} = 0.501 \text{ km}$$

Tabel 4. Lokasi gangguan

Nilai impedansi gangguan	Lokasi gangguan
0.3 Ω	0.167 km
0.6 Ω	0.334 km
0.9 Ω	0.501 km
1.2 Ω	0.668 km
1.5 Ω	0.835 km

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis proteksi rele jarak pada saluran transmisi GI Pedan – Wonosari diperoleh kesimpulan:

- a. Impedansi saluran transmisi dapat dipengaruhi oleh jenis kabel, konfigurasi saluran transmisi, dan panjang saluran.
- b. Rele jarak bekerja adalah rele yang mengukur tegangan dan arus saluran pada lokasi rele dipasang.
- c. Pengamanan dari rele jarak terbagi menjadi tiga zona yakni zona 1 ketika ada gangguan pada daerah yang dilindungi sekitar 80% dari panjang saluran, rele akan seketika aktif, zona 2 menjadi back up zona 1, melindungi daerah didepannya dan ketika terjadi gangguan tidak seketika aktif, zona 3 memiliki daerah pengamanan meliputi zona 2 ditambah daerah didepannya, zona ini memiliki waktu tunda paling lama.
- d. Perhitungan *setting* impedansi diperoleh nilai pada zona 1 sebesar $(0.85197+j3.39772)\Omega$, zona 2 $(1.05789+j4.52092)\Omega$, zona 3 $(1.66405+j7.20258)\Omega$

PERSANTUNAN

Alhamdulillah berkat banyak pihak yang telah berperan serta dalam memberi saran, dan motivasi. Sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan dengan baik. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak-banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-NYA laporan ini dapat menyelesaikan dengan baik dan dipermudah. Alhamdulillah
2. Rasulullah Muhammad SAW dengan membawa petunjuk dan agama yang benar, semoga shalawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW
3. Keluarga tersayang, yang selalu mendoakan, mendukung dan memotivasi penulis
4. Kaprodi Teknik Elektro, bapak Umar, ST.MT
5. Dosen pembimbing, bapak Ir. Jatmiko yang selalumendukung dan memberi masukan penulis
6. Dosen Teknik Elektro dan staff yang telah memberi pengajaran kepada penulis
7. Bapak Farid wahyu dan semua pihak Basecamp Surakarta, semoga Allah SWT membalasan kebaikannya
8. Supervisor Bapak Sumadi dan Bapak Eka serta semua pegawai di Gardu Induk Pedan, Wonosari, dan Solo Baru
9. Mas Amri, Mbak Arum, Mas Amoreza, Mas Salasma, dan Mas Aji yang telah membantu jalannya penelitian tugas akhir

10. Teman seperjuangan dimas, ibul, kafa, karisma, fuad, anas, bolgha, rahmad, yoga, horizon, aris, lian dan teman-teman lainnya
11. Teman–teman Asisten Laboratorium Teknik Elektro, KMTE Robot Research, dan kontrakkan HOP

DAFTAR PUSTAKA

- Damachi, Yaser, dkk. (2016). Optimal coordination of distance and overcurrent relays considering a non-standard tripping characteristic for distance relay. The Institution of Engineering and Tecnology. Vol.10, No.6. 2016
- Ojaghi, M. (2013). The Impelemtation Technique To Opimal Coordination of Relay. IEEE Trans. 235, 244.
- Rambabu, M. (2015). Three Zone Protection By Using Distance Relays in SIMULINK/MATLAB. Electrical And Electronics Engineering. GMR Institute of Technology, Rajam. India.
- Suci Lestari, Dince (2010). Analisis Kontingensi Proteksi Rele Jarak Pada Sistem Tegangan TinggiDi PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA. Teknik Elektro. Institut Teknologi Nasional, Bandung. Indonesia.
- T. Penthong dan Hongesombut (2013). An efficient method of automatic distance relay settings for transmission lineprotection. IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf.Proceedings/TENCON, pp. 5–8.
- Xia, Bing, dkk. (2014). Estimation of Fault Resistance Using Fault Record DataI. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.30, No.1, 2015.